

SKI  
FAKULTET

BOR

INSTITUT  
ZA  
BAKAR

BOR



# **XIX OKTOBARSKO SAVETOVANJE RUDARA METALURGA I TEHNOLOGA**

Saopštenja  
knjiga II



MOGUĆNOST INTENZIFIKACIJE KOMBINOVANIH PROCESA  
U CILJU EKSTRAKCIJE NIKLA IZ OKSIDNO - SILIKATNIH  
RUDA LOKALITETA RUDINCI - SR SRBIJA

Mr BORIS KRSTEV \*, Dr ing ILIJA ILIĆ , Dr ing DUŠAN VUČUROVIĆ\*\*

Visokotemperaturno tretiranje rude lokaliteta Rudinci sa hlorirajućim reagensom  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  i reducentom na temperaturi od  $950^\circ\text{C}$  u prisustvu aktivatora-intenzifikatora  $\text{FeS}$ ,  $\text{BaS}$ ,  $\text{S}$  ili  $\text{BaSO}_4$ , u kombinaciji sa naknadnim mehaničkim tretiranjem primenom klasičnih metoda koncentracije i dobijenim geološkim pokazateljima, su cilj ovog rada i pokušaj odgovora na pitanje mogućnosti i delotvornosti dodataka-aktivatora tokom procesa segregaci-

U V O D

Proces segregacije u metalurgiji nikla i pored dugogodišnjih laboratorijskih i poluindustrijskih istraživanja nije našao primenu, iako je u metalurgiji bakra već tridesetak godina zastupljen i industrijski primenjen u takozvanom sistemu TORCO /1-2/. Činjenica da su rezerve oksidnih niklonosnih ruda silikatnog ili lateritnog tipa sa oko 1% Ni oko 80-85% od ukupnih rezervi nikla, a njihova eksploatacija i prerada neizvesna zbog visokih troškova, doprinose prisutnost svetske aktuelnosti dobijanja metalnog nikla ili feronikla iz ovih ruda. Od posebnog su značaja poslednja istraživanja iz oblasti povećanja efektivnosti hlorovanja oksidnih ruda, silikatnog ili lateritnog tipa, u prisustvu hlorirajućeg reagensa  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , reducenta-uglja ili koksa i različitih dodataka-aktivatora: to  $\text{BaS}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{S}$  i  $\text{BaSO}_4$ , te pojave takozvane "Mehaničke peći" u

\* Predavač Rudarsko-geološkog fakulteta, 92000 Štip ;

\*\* Redovni profesori Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu .

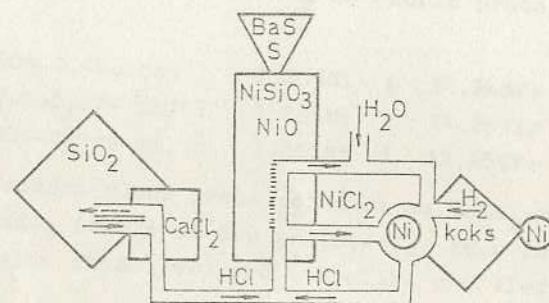


poluindustrijskom postrojenju MINPRO-PAMCO, koja su doprinela aktueliziranju postupka segregacije kao jednu od mogućnosti za proizvodnju nikla [3-6].

Izvršena laboratorijska ispitivanja na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu rude lokaliteta Rudinci-SR Srbija, su u cilju ispitivanja mogućnosti intenzifikacije procesa segregacije dodatkom pojedinih dodataka BaS, FeS, S ili BaSO<sub>4</sub>.

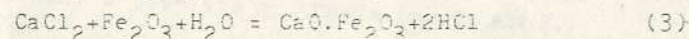
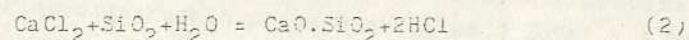
## 2. PRIKAZ MEHANIZMA PROCESA SEGREGACIJE NIKLA

Proces segregacije nikla u prisustvu dodataka-aktivatora, predstavlja skup sledećih kontinuiranih stadijuma (Sl.1)/7/ :

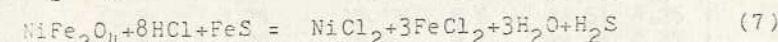
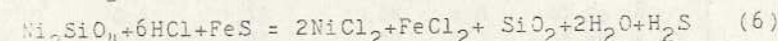
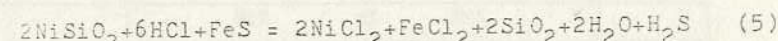
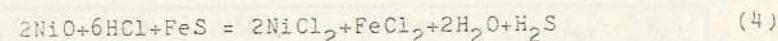


Slika 1. Grafički prikaz mehanizma procesa segregacije oksidnih niklonosnih ruda

- Stvaranje hlorovodonika HCl, kao rezultat reakcije raspadanja čvrstih hlorirajućih reagenasa ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 3 - 8\%$ ) u prisustvu vodene pare  $\text{H}_2\text{O}$  ( $p_{\text{H}_2\text{O}} = 5,06626 \text{ kPa}$ ) i kvarca (minimalni molarni odnos  $\text{SiO}_2 : \text{CaCl}_2 = 0,5$ ) na temperaturama iznad  $770^\circ\text{C}$ , pri čemu se odigravaju sledeće reakcije:

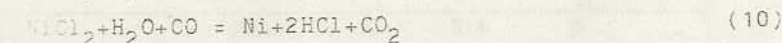


- Hlorovanje prisutnih niklovih jedinjenja ( $\text{NiO}$ ,  $\text{NiSiO}_3$ , ili  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ) u prisustvu dodataka-aktivatora, pri čemu se odigravaju sledeće reakcije :



Slične reakcije se odvijaju i u prisustvu dodatka-aktivatora BaS-a.

Redukcija i taloženja nikla na česticama reducenta i mineralima, prikazane reakcijama :



U složenom i komplikovanom sistemu, odlučujući korak segregacije nikla jeste stadijum hlorovanja niklovinom sa hlorovodonikom HCl, tim pre što raspadanje kalijuma protiče veoma energično u temperaturnom intervalu  $800 - 1100^\circ\text{C}$ . U procesu segregacije nikla aktivatori S, igraju ulogu slabih redukativnih materija sa katalitičkim dejstvom. Pri tome brzina stvaranja  $\text{NiCl}_2$  ili  $\text{FeCl}_2$  tj brzina redukcije  $\text{NiCl}_2$  i  $\text{FeCl}_2$  veoma utiču na seć procesa, tim pre što visoka brzina redukcije  $\text{NiCl}_2$  omogućava veoma nizak parcijalni pritisak  $\text{NiCl}_2$  za segregaciju. Potvrda komplikovanosti sistema se vidi u veoma složenim sastavom izlaznih gasova pri čemu su prisustvo sledećih gasovitih komponentata : HCl, CO,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$  i drugi, što iziskuje potpuno za postavljanje odgovarajućih radnih uslova.



### 3. PRIKAZ REZULTATA EKSPERIMENTALNOG RADA

Za ispitivanje uticaja dodataka-aktivatora ( $\text{BaS}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{S}$  i  $\text{BaSO}_4$ ) na tehnološke pokazatelje kombinovanog procesa segregacija-flotacija, korišćene su rudne probe lokaliteta Rudinci SR Srbija.

Lokalitet "Rudinci" pripada oksidnim rudama, silikatnoga tipa, predstavljeni glinovito-zemljastim materijalom sa visokim sadržajem vlage od 25-30% sa prisutnim mineralima :

Nontronit  $(\text{FeAl})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}/(\text{OH})_8$ , Pimelit  $\text{Ni}_3\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot (\text{OH})_2$ , Ni-montmorijonit, Fe-oksidi, bravoit, Pirit, Markasit i dr.

Delimični hemijski sastav, ispitivanih rudnih proba je sledeći :

RUDINCI I (100%-0,150 mm) : 1,20%Ni i 14,20%Fe  
 RUDINCI I (100%-0,074 mm) : 1,20%Ni i 14,20%Fe  
 RUDINCI II (100%-0,100 mm) : 1,86%Ni i 12,96%Fe

Samlevena i osušena rudna proba, pomešana sa  $\text{CaCl}_2$ , ugljem i S, BaS, FeS ili  $\text{BaSO}_4$  (šarža od 500 gr), stavlja se u laboratorijsku horizontalnu rotacijsku peć i tretira pri sledećim radnim uslovima :

Temperatura 950°C  
 Vreme segregacije 120 min  
 Protok inertnog gasa 600 ml  $\text{N}_2$ /min  
 Količina  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  7,5%  
 Količina uglja 1,0%  
 Rotacija reaktora 2,5 o/min

Nakon segregacije vrši se flotacija prženca u flotacijskoj mašini tipa "Denver", pri čemu se dobija grubo flotacijski koncentrat i jalovina, koji se suše i kvantitativno analiziraju na nikl. Rezultati ispitivanja kombinovanog procesa segregacija-flotacija rudnih proba Rudinci sa 1,20%Ni i 1,86% nikla su prikazani u tabelama : (Tabela 1. i Tabela 2.)

Tabela 1. Prikaz rezultata ispitivanja rudne probe Rudinci 1,20%Ni (100%-0,150 mm) i (100%-0,074 mm) na 950°C i 120 min

Dodatak	BaS	Prženac	Koncentrat		$\text{I}_{\text{Ni}}$	$\text{K}_{\text{O}}$
	%	Ni%	π%	Ni%	%	
1.150	0,0	1,18	10,44	4,8	42,50	4,07
	2,0	1,29	10,12	6,2	48,64	4,81
	3,5	1,29	15,13	5,5	64,51	4,26
	5,0	1,29	15,50	3,7	44,46	2,87
0,074	0,0	1,26	7,39	7,6	44,57	6,03
	2,0	1,25	6,52	12,8	66,76	10,24
	3,5	1,22	8,30	10,8	73,47	8,85
	5,0	1,22	10,48	5,7	48,96	4,67

Tabela 2. Prikaz rezultata ispitivanja rudne probe Rudinci 1,86%Ni (100%-0,100 mm) u prisustvu dodataka na 950°C i 120 min

Dodatak	Prženac	Koncentrat		$\text{I}_{\text{Ni}}$	$\text{K}_{\text{O}}$
	Ni%	π%	Ni%	%	
S	1,91	15,57	8,9	72,58	4,66
	1,93	14,58	10,4	78,60	5,39
	1,91	13,04	11,5	78,50	6,02
BaS	1,91	15,57	8,9	72,58	4,66
FeS	1,93	22,61	6,8	79,60	3,52
FeS	1,89	14,63	10,4	80,50	5,50
BaS	1,91	15,57	8,9	72,58	4,66
BaS	1,89	17,91	8,7	82,40	4,60
BaS	1,95	10,30	14,5	76,50	7,43
BaSO <sub>4</sub>	1,91	15,57	8,9	72,58	4,66
	1,96	10,13	13,6	70,30	6,94
	1,94	12,60	11,8	76,50	6,08

### ZAKLJUČAK

Ispitivanje kombinovanog procesa segregacija-flotacija rudne probe Rudinci, vršeno je u cilju dokazivanja uticaja aktivatora S, BaS, FeS na proces segregacije, te dobijene tehnološke pokazatelje u procesu flotacije prženca. Obe probe pripadaju oksidnim rudama, silikatnog tipa u kojima su najzastupljeniji uglavnom zastupljeni mineralima : Non -



tronitom  $(\text{FeAl})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}/(\text{OH})_8$  ili  $0,5 \text{ NiO}(\text{FeAl})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  i pimelitom  $\text{Ni}_3/\text{Si}_4\text{O}_{10}/(\text{OH})_2$ .

Proces segregacije se obavlja u horizontalnoj rotacijskoj peći sa šaržom od 500 gr koja sadrži: rudnu probu,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , ugalj i dodatke-aktivatore ( $\text{S}$ ,  $\text{BaS}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{BaSO}_4$ ) pri konstantnim radnim uslovima. Dodatak 2,0-3,5%  $\text{BaS}$ ,  $\text{FeS}$  u toku procesa segregacije, omogućava dobijanje grubih flotacijskih koncentrata sa sledećim karakteristikama:

- Rudna proba RUDINCI II (100%-0,100 mm) sa 1,86%Ni (veći sadržaj Ni je zbog veće prisutnosti minerala pimelita):

Iskorišćenje  $I_{\text{Ni}}$  od 79,6-82,4%, sa sadržajem nikla u koncentratu od 6,8-14,5%Ni, stepenom koncentracije  $K_0$  od 3,52-7,43 puta i prosečnom relativnom masom od oko 15%.

- Rudna proba RUDINCI I (100%-0,074 mm) sa 1,20%Ni:

Iskorišćenje  $I_{\text{Ni}}$  od 66,7-73,5%, sa sadržajem nikla u koncentratu od 10,8-12,8%Ni, stepenom koncentracije od 8,85-10,24 puta i prosečnom relativnom masom od oko 7%.

- Rudna proba RUDINCI I (100%-0,150 mm) sa 1,20%Ni:

Iskorišćenje  $I_{\text{Ni}}$  od 48,6-64,5%, sa sadržajem nikla u koncentratu od 5,5-6,2%Ni, stepenom koncentracije  $K_0$  od 4,26-4,8 puta i prosečnom relativnom masom od oko 12,5%.

#### L i t e r a t u r a

1. POLLANDT F., PEDSE M.E., Extraction of copper and silver by the Trans-I Vol 69, p.687-697, 1960
2. MACKAY K.E., GIBSON N., Development of the pilot comm. Torco plant of Rhocana Co. Zambija, Vol 77, p.C10-C31, 1968
3. VUČUROVIĆ D., Hemijska industrija 40 (2), 43-53, 1986
4. SVENSSON J., ERICSON A.S., ISHII K., Development of the MINPRO-MAMCO Nickel Segregation Process, J. of Metals, 1984
5. SCHMIEDL J., KAŠAYOVA E., Spôsob praženia niklovych oxidacnich rud, 1981
6. MITROFANOV S.I. i dr. Kombinirivanie processa pererabotki rud cvetnih metalov, Nedra, 1984
7. ILIĆ I., KRSTEV B., VUČUROVIĆ D., Tehnika RGM 38, 1987 - 2, 171-174

Šurčić<sup>1</sup>, N. Mitić<sup>2</sup> i Lj. Nedeljković<sup>3</sup>

KONTROLA OBLIKA NEMETALNIH UKLJUČAKA U MIKROLEGIRANOM ČELIKU VANPEČNOM OBRADOM SA CaSi

Čelinska metalurgija ili vanpečna obrada čelika u livnom postupku radi finalne rafinacije čelika javlja se kao nezaobi-  
zljiva faza u proizvodnom ciklusu izrade čelika kod kojih se  
zahteva ekstremno niski sadržaj sumpora, kiseonika i gasova,  
pri čemu je kontrolisan oblik nemetalnih uključaka /1-4/. Treti-  
m stepen čelika metalnim kalcijumom ili njegovim jedinjenjima  
( $\text{CaO}$ ,  $\text{CaC}_2$ ) u vidu praha ili žice ima višestruko dej-  
stvo: vrši desulfuraciju čelika uz istovremenu modifikaciju  
uključaka i sulfidnih uključaka. Visokotopivi aluminatni uk-  
ljučci prelaze u kalcijum aluminatne uključke sa nižom tač-  
nom rastopljivanja koji se lakše odstranjuju iz rastopa, a prisu-  
stvo plastičnih MnS se svodi na minimum jer se umesto njih  
obrazuju tvrdi CaS ili (Ca, Mn)S uključci, koji se ne de-  
stiru u toku valjanja.

Zahtev za modifikacijom oksidnih uključaka u gornjem  
stepenu je naročito izražen kod kontinuiranog livenja čelika,  
gde se izbegava blokiranje izlivenika pri livenju prouzroko-  
vanog prisustvom aluminatnih uključaka, dok se zahtev

1. Institut metalurgije, MKS-Železara Smederevo, Razvoj  
2. Institut metalurgije, MKS-Železara Smederevo, Konvertor-  
3. Zavod za metalurgiju, 11300 Smederevo  
4. Dr. prof. Dr. metalurgije, TMF-Univerzitet u Beogradu,  
Bulevar Oslobođenja 4 11000 Beograd